

**SISTEM PENGENDALI SUHU DAN PH AIR OTOMATIS  
GUNA PEMBESARAN BUDIDAYA KURA-KURA RES  
BERBASIS ARDUINO UNO**

**SKRIPSI  
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**MOCHAMAD ILHAM FAUZI  
NIM. 135060300111031**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SISTEM PENGENDALI SUHU DAN PH AIR OTOMATIS  
GUNA PEMBESARAN BUDIDAYA KURA-KURA RES  
BERBASIS ARDUINO UNO**

**SKRIPSI  
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**MOCHAMAD ILHAM FAUZI  
NIM. 135060300111031**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 18 Agustus 2018

**Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT**  
**NIP. 19621211198802001**

# JUDUL SKRIPSI:

SISTEM PENGENDALI SUHU DAN PH AIR OTOMATIS GUNA  
PEMBESARAN BUDIDAYA KURA-KURA RES BERBASIS ARDUINO  
UNO

Nama Mahasiswa : MOCHAMAD ILHAM FAUZI

NIM : 135060300111031

Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

Konsentrasi : TEKNIK KONTROL

Komisi Pembimbing :

Ketua : Dr. Ir. Bambang Siswojo, M.T. ....

Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Ir. Purwanto, MT .....  


Dosen Penguji 2 : Dipl. Ing. Ir. Moch. Rusli .....

Dosen Penguji 3 : Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, ST., MT. ....

Tanggal Ujian : 18 Agustus 2018

SK Penguji : No.1092/UN.10.F07/SK/2017

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsurjiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Agustus 2018

**Mahasiswa,**

**MOCHAMAD ILHAM FAUZI**

**NIM. 135060300111031**

## RINGKASAN

**Mochamad Ilham Fauzi**, Keberhasilan budidaya kura-kura res ditentukan oleh keberhasilan dalam pengelolaan air, baik dari segi kuantitas maupun kualitas air, terlebih pada budidaya kura-kura intensif seperti kura-kura res. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa kura-kura res sangat menyukai kondisi kualitas air yang jernih dengan suhu pada kisaran  $25^{\circ}\text{C}$ - $27^{\circ}\text{C}$  dan untuk bayi kura-kura res kisaran  $24^{\circ}\text{C}$  - $26^{\circ}\text{C}$ , dan kandungan pH berkisar antara 7-8. Sehingga tidak mengganggu proses pertumbuhan dan dapat digunakan di berbagai waktu agar mendapatkan hasil yang maksimal. Arduino Uno digunakan sebagai alat pengendali. Penelitian ini menggunakan kontroler PID untuk suhu serta ON-OFF pada pH. Suhu dan pH diatur sebesar  $25 - 27^{\circ}\text{C}$  dan 7-8 , Perancangan kontroler PID pada suhu menggunakan metode Ziegler-Nichols, didapatkan nilai parameter yang sesuai untuk sistem dengan nilai  $K_p = 8,53$ ,  $K_i = 0,0947$  ,  $K_d = 95,9625$ .

Kata kunci: Suhu, pH , ....

## SUMMARY

*Mochamad Ilham Fauzi, The success of cultivating turtle res is determined by the success in water management, both in terms of quantity and quality of water, especially in intensive turtle cultivation such as turtle res. Based on the results of research conducted, it is known that res turtles are very fond of clear water quality conditions with temperatures in the range of 25 ° C-27C and for turtles res in the range of 24 ° C -26 ° C, and the pH content ranges between 7 -8. So that it does not interfere with the growth process and can be used at various times to get maximum results. Arduino Uno is used as a controller. This study uses a PID controller for temperature and ON-OFF at pH. Temperature and pH are set at 25-27°C and 7-8. The design of the PID controller at temperature uses the Ziegler-Nichols method, the parameter values are suitable for the system with the value of  $K_p = 8.53$ ,  $K_i = 0.0947$ ,  $K_d = 95,9625$ .*

*Keywords: Temperature, pH, PID, ON-OFF.*



## PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT berkat segala limpahan rahmat-Nya, penulisan laporan Skripsi berjudul “ Sistem Pengendali Suhu Dan PH Air Otomatis Guna Pembesaran Budidaya Kura-kura RES Berbasis Arduino UNO” dapat diselesaikan dengan baik. Tak lepas shalawat serta salam tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi yang mengharapkan rahmat dan hidayah-Nya.

Tak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang membantu terselesaikannya laporan skripsi ini.

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran, kemudahan, ilham dan hidayahnya.
2. Sukemi dan Miswati selaku orang tua penulis yang segenap hati mendukung dan mendoakan terselesainya skripsi ini secara moril dan materil.
3. Keluarga tercinta yang segenap hati mendukung dan mendoakan terselesainya skripsi ini.
4. Bapak Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
6. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
7. Bapak Ir. Purwanto, M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Teknik Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
8. Bapak Dr. Ir. Bambang Siswojo, M.T. selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan, pengarahan, saran, dan kritik yang telah diberikan selama proses pengerjaan skripsi.
9. Teman-teman Spectrum 2013 yang selalu memberikan dorongan semangat kepada penulis.
10. Teman-teman Kontrol 2013 yang selalu memberikan dorongan semangat kepada penulis.

11. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala–kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, Desember 2018

Penulis





DAFTAR ISI

RINGKASAN ..	i
SUMMARY ..	ii
PENGANTAR ..	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistemika Pembahasan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Kura – Kura RES .....	5
2.2 Kondisi Kura – Kura RES.....	5
2.3 Arduino Uno .....	5
2.4 Sensor Suhu DS18B20 .....	8
2.5 Sensor PH .....	8
2.6 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i> .....	9
2.7 <i>Multiple Input Multiple Output (MIMO)</i> .....	10
2.8 <i>Matlab</i> .....	10
2.9 Relay .....	11
2.10 MOC 3021.....	11

2.11 Kontroler .....	12
2.11.1 Kontroler Proposional .....	13
2.11.2 Kontroler Integral .....	14
2.11.3 Kontroler Diferensial .....	15
2.11.4 Kontroler Proposional Integral (PI) .....	16
2.11.5 Kontroler Proposional Diferensial (PD) .....	17
2.11.6 Kontroler Proposional-Integral-Diferensial (PID) .....	17
2.12 Metode <i>Auto-Tuning</i> PID Ziegler-Nichols .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Perancangan Diagram Blok Sistem .....	23
3.2 Spesifikasi Desain .....	24
3.3 Spesifikasi Alat .....	24
3.4 Karakteristik Setiap Blok .....	26
3.4.1 Karakteristik Setiap Aktuator .....	26
3.4.2 Karakteristik Sensor Suhu DS18B20 .....	28
3.4.3 Karakteristik Plant .....	29
3.5 Perancangan Pembuatan Perangkat Keras .....	30
3.6 Perancangan Algoritma .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pengujian Plant .....	35
4.2 Pengujian Sistem Keseluruhan .....	38
4.3 Pengujian Sistem dengan Gangguan .....	40
4.4 Perbandingan Perlakuan Kura – Kura Res .....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	43

5.2 Saran .....	43
-----------------	----

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO .....	6
Tabel 2.2 Aturan penalaan Ziegler-Nichols berdasarkan respon unit step dari plant .....	20
Tabel 2.3 Aturan dasar <i>Ziegler-Nichols</i> berdasarkan <i>critical gain</i> $K_{cr}$ dan <i>critical period</i> $K_{cr}$ .....	21
Tabel 3.1 Nilai tegangan keluaran <i>driver heater</i> terhadap masukan sinyal PWM .....	27
Tabel 3.2 Perbandingan pembacaan sensor suhu dengan thermometer .....	28
Tabel 3.3 Aturan <i>Tuning</i> metode <i>Zieger Nichols I</i> .....	32
Tabel 4.1 Aturan <i>Tuning</i> metode <i>Zieger Nichols</i> .....	37
Tabel 4.2 Perbandingan perlakuan Kura – Kura RES .....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino UNO R3 .....	6
Gambar 2.2 Sensor Suhu DS18B20 .....	8
Gambar 2.3 Sensor pH SKU : SEN0161 .....	9
Gambar 2.4 Sinyal PWM .....	10
Gambar 2.5 <i>Schematic</i> MOC 3021 .....	12
Gambar 2.6 Rangkaian <i>Driver</i> .....	12
Gambar 2.7 Diagram blok kontroler proposional .....	14
Gambar 2.8 Diagram blok kontroler integral .....	15
Gambar 2.9 Diagram blok kontroler diferensial .....	16
Gambar 2.10 Diagram blok kontroler PID .....	18
Gambar 2.11 kurva respon <i>unit step</i> yang menunjukkan 25% <i>maximum overshoot</i> .....	18
Gambar 2.12 kurva respon berbentuk S .....	19
Gambar 2.13 Sistem loop tertutup dengan kontroler proposional .....	21
Gambar 2.14 Osilasi berkesinambungan dengan periode $P_{cr}$ .....	21
Gambar 3.1 Diagram blok sistem suhu .....	23
Gambar 3.2 Diagram blok sistem pH .....	24
Gambar 3.3 Skema Alat .....	25
Gambar 3.4 Rangkaian pengujian karakteristik <i>heater</i> .....	26
Gambar 3.5 grafik Hubungan Termometer dengan sensor DS18B20 .....	29
Gambar 3.6 Rangkaian pengujian karakterisitik actuator .....	30
Gambar 3.7 Skema Perangkat keras .....	31
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Pembacaan sensor DS18B20 .....	33
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Perhitungan parameter PID .....	34

Gambar 4.1 Karakteristik respon suhu pada plant .....	35
Gambar 4.2 grafik Penentuan parameter PID .....	37
Gambar 4.3 Respon suhu sistem pada pagi hari tanpa gangguan .....	38
Gambar 4.4. respon suhu sistem pada sore hari tanpa gangguan .....	39
Gambar 4.5 respon suhu sistem pada sore hari dengan ganggu.....	40





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG

Kura-kura adalah hewan lambat yang menyenangkan untuk dipelihara. Selain perawatannya yang tidak sulit, hewan Vertebrata berkaki empat yang bersisik ini boleh dibilang ramah, meski tak seperti anjing yang mudah berinteraksi dengan manusia. Cangkang Kura-Kura terdiri atas dua bagian yakni carapace dan plastron, menjadi pelindung bagi saat diserang oleh pemangsa.

Budidaya kura-kura di Indonesia masih belum banyak dilakukan walaupun memiliki potensi benih yang besar. Kegiatan kura-kura ras di Indonesia, masih mengandalkan benih yang berasal dari hasil tangkapan dari alam. Untuk dapat memanfaatkan benih secara optimum, membutuhkan waktu yang cukup lama karena kura-kura res sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan yang berdampak pada kualitas air. Sehingga, hal tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan kura-kura res menjadi tidak optimal.

Keberhasilan budidaya kura-kura res ditentukan oleh keberhasilan dalam pengelolaan air, baik dari segi kuantitas maupun kualitas air, terlebih pada budidaya kura-kura intensif seperti kura-kura res. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa kura-kura res sangat menyukai kondisi kualitas air yang jernih dengan suhu pada kisaran 25°C-27°C dan untuk bayi kura-kura res kisaran 24°C -26°C, dan kandungan pH berkisar antara 7-8.

Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu diciptakan teknologi yang dapat dimanfaatkan oleh pembudidaya kura-kura res baik skala kecil maupun skala besar untuk mengatasi permasalahan budidaya kura-kura res di Indonesia. Solusinya adalah teknologi yang mampu meningkatkan

budidaya kura-kura res. Alat ini merupakan teknologi budidaya yang mampu meningkatkan pertumbuhan sidat dengan mengontrol kualitas air yaitu suhu dan pH pada akuarium budidaya secara otomatis dan terukur pada kisaran nilai parameter yang layak serta menekan terjadinya fluktuasi lingkungan yang tinggi, sehingga memacu pertumbuhan kura-kura res serta mengurangi jumlah kematian pada budidaya kura-kura res.

Alat ini menggunakan kontroler Arduino Uno. Arduino Uno adalah sebuah rangkaian elektronik yang dapat mengerjakan berbagai fungsi-fungsi kontrol pada level-level yang kompleks. Arduino Uno dapat diprogram, dikontrol, dan dioperasikan oleh operator yang tidak berpengalaman dalam mengoperasikan komputer. Diharapkan dengan menggunakan kontroler Arduino Uno parameter yang diukur dapat dikendalikan dengan baik.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian dalam latar belakang, dapat disusun rumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat yang mampu memberikan dampak positif dalam budidaya kura-kura res terkait suhu dan pH?
2. Bagaimana merancang alat pengendali suhu dan pH menggunakan kontroler ArduinoUno?

## 1.3 BATASAN MASALAH

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah diketahui, maka hal-hal yang berkaitan dengan perancangan alat diberi batasan sebagai berikut:

Karena luasnya objek pengkajian maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan lebih terfokus pada rumusan masalah. Adapun batasan masalah pada skripsi ini antara lain:

1. Media yang digunakan untuk budidaya adalah *prototype* untuk penelitian yang berupa model akuarium.

2. Pembahasan ditekankan pada pengendalian suhu dan pH pada sistem dengan menggunakan kontroler Arduino Uno.
3. Pengendalian suhu menggunakan PID.
4. Pengendalian pH diatur dengan menggunakan Kontrol On-Off.
5. Sensor suhu yang digunakan adalah DS18B20.
6. Sensor pH yang digunakan adalah *chemical sensor*.
7. Menggunakan ArduinoUno sebagai komponen utama rangkaian kontroler.

#### 1.4 TUJUAN

Skripsi ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang dapat mempertahankan suhu serta pH yang ideal guna mengoptimalkan hasil pembesaran kura-kura res dengan menerapkan kontroler Arduino Uno sebagai pengendali.

#### 1.5 SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Skripsi ini terdiri atas enam bab dengan sistematika pembahasan masing-masing bab sebagai berikut:

##### BAB I Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

##### BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat.

##### BAB III Metode Penelitian

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

##### BAB IV Hasil dan Pembahasan

Membahas hasil pengujian sistem yang sudah dibuat dan menganalisis hasil yang diperoleh.

##### BAB V Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan penelitian dan saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 KURA-KURA RES

Sesuai dengan namanya, kura kura air ini memiliki ciri khas berupa semburat warna merah di belakang matanya yang menyerupai telinga. Daerah asalnya adalah Amerika Serikat bagian selatan, karena mudah dikembangkan kura kura ini menjadi sangat mudah ditemui di berbagai belahan dunia. RES memiliki karapas (*carapaece*) dan plastron. karapas adalah tempurung bagian atas yang berbentuk bulat dan halus. Pada saat bayi bersifat lunak dan berwarna hijau cerah serta memiliki pola garis kuning dan hitam. Semakin dewasa akan bertambah keras dan warna berubah semakin gelap. Sedang Plastron adalah tempurung bawah yang halus serta berwarna hijau kekuningan dengan pola yang unik.

#### 2.2 Kondisi Ideal Kura-Kura RES

Keberhasilan budidaya kura-kura res ditentukan oleh keberhasilan dalam pengelolaan air, baik dari segi kuantitas maupun kualitas air, terlebih pada budidaya kura-kura intensif seperti kura-kura res. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa kura-kura res sangat menyukai kondisi kualitas air yang jernih dengan suhu pada kisaran 25°C-27°C dan untuk bayi kura-kura res kisaran 24°C -26°C, dan kandungan pH berkisar antara 7-8

#### 2.3 Arduino Uno

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu perangkat elektronika digital yang mempunyai *input* dan *output* serta kontrol dengan program yang bisa ditulis dan dihapus. Cara kerja mikrokontroler



sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler digunakan dalam produk dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis.

Arduino UNO adalah sebuah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P. Arduino UNO mempunyai 14 pin untuk *input/output* digital (6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 input analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat segala hal yang dibutuhkan mikrokontroler, dapat langsung disambungkan ke komputer menggunakan kabel USB atau dengan memberi adaptor AC ke DC atau dapat juga menggunakan baterai. Tampilan fisik Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan spesifikasinya dapat dilihat dalam Tabel 2.2.



Gambar 2.1 Arduino UNO R3

Sumber: [store.arduino.cc](https://store.arduino.cc)

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan <i>Input</i> (disarankan)	7 – 12 Volt
Tegangan <i>Input</i> (batas akhir)	6 – 20 Volt



Pin I/O Digital	14 (16 pin sebagai <i>output</i> PWM)
Pin <i>Input</i> Analog	6
Arus DC per Pin I/O	40 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 Volt	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (0.5 KB untuk <i>bootloader</i> )
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 Mhz

Sumber: store.arduino.cc

Masing-masing dari 14 pin Arduino UNO yang dapat digunakan sebagai *input* maupun *output* dijalankan dengan perintah fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()` yang menggunakan tegangan operasi sebesar 5 volt. Tiap pin dapat menerima arus maksimal hingga 40 mA dan besar resistansi internal *pull-up* antara 20 – 50 k $\Omega$ . Rincian fungsi dari tiap-tiap pin yang terdapat pada Arduino UNO adalah sebagai berikut:

1. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Sebagai penerima (RX) dan pemancar (TX) TTL serial data. Pin ini terkoneksi untuk pin korespondensi *chip* Arduino.
2. *External Interrupts*: 2 dan 3. Pin ini berfungsi sebagai konfigurasi *trigger* pada saat interupsi nilai *value* turun, naik, dan tepi, atau berubah-ubah.
3. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Melayani *output* 8-bit PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
4. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin yang berfungsi untuk mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
5. LED: 13. Terdapat LED indikator bawaan (*built-in*) yang dihubungkan ke digital pin 13, ketika nilai *value* HIGH lampu led akan menyala dan ketika nilai *value* LOW lampu led akan padam.

## 2.4 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu merupakan salah satu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan temperatur lingkungan lalu mengkonversi ke besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis nilainya. Terdapat 4 macam sensor suhu, yaitu: termokopel, termistor, *Resistance Temperature Detectors* (RTD), dan IC LM 35. Tiap jenis sensor tersebut mempunyai cara kerja yang berbeda.

DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC. Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $125^{\circ}\text{C}$  dengan ketelitian kurang lebih  $0.5^{\circ}\text{C}$ . Setiap sensor yang diproduksi memiliki kode unik sebesar 64-Bit yang disematkan pada masing-masing *chip*, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam jumlah besar hanya melalui satu kabel saja (*single wire data bus/1-wire protocol*).



Gambar 2.2 Sensor Suhu DS18B20

## 2.5 Sensor pH

pH air mengekspresikan intensitas asam maupun basa perairan tersebut. Bentuk persamaan pH adalah logaritma negatif dari aktivitas ion hidrogen. Skala pH berkisar antara 0 s/d 14. Kiasaran pH pada perairan alami antara 5 – 10 (Samsundari,2013). Sensor pH adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan juga untuk mengetahui tingkat keasaman

atau kebasaansuatu larutan., secara garis besar suatu larutan dikatakan asam adalah ketika mempunyai pH antara 0 hingga 7 dan sifat basa mempunyai nilai pH 7 hingga 14. Diantara kedua sifat itu, masih ada larutan yang bersifat netral, yaitu yang mempunyai pH sekitar 7,00-7,69, biasanya ini terjadi untuk air bening atau air minum (Novy, 2015).

Sensor yang biasa digunakan untuk mengukur pH adalah Sensor pH SKU: SEN0161



Gambar 2.3 Sensor pH SKU : SEN0161

## 2.6 *Pulse Width Modulation (PWM)*

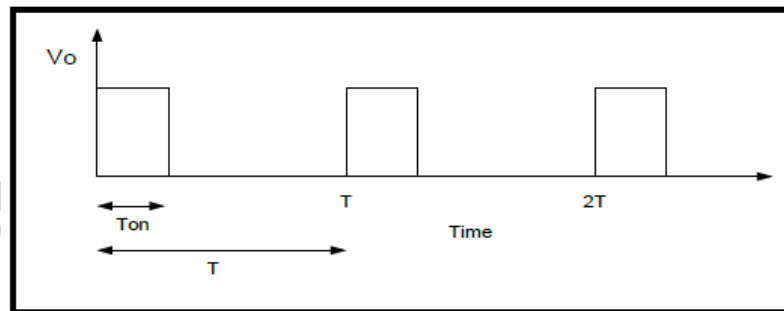
*Pulse Width Modulation (PWM)* adalah suatu proses modulasi yang dilakukan dengan cara mengubah lebar pulsa dari suatu pulsa data. Total 1 periode (T) pulsa dalam PWM adalah tetap, dan data PWM pada umumnya menggunakan perbandingan pulsa positif terhadap total pulsa. Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan *duty cycle* bervariasi dari 0 sampai 100%. Dengan mengatur *duty cycle* akan diperoleh *output* yang diinginkan. *Duty cycle* adalah besarnya sinyal yang diberikan pada *plant*.

$$\text{Duty cycle} = \frac{T_{on}}{T} \times 100\%$$

Dengan:

$T_{on}$  = Periode logika tinggi

$T$  = Periode keseluruhan



Gambar 2.4 Sinyal PWM

## 2.7 *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*

*Multiple Input Multiple Output (MIMO)* adalah sebuah sistem dimana terdapat lebih dari satu *output*. MIMO merupakan sistem yang lebih kompleks dari *Single Input Single Output (SISO)* karena dalam MIMO satu *output* satu *output* dipengaruhi oleh beberapa *input* dan satu *input* dapat mempengaruhi beberapa *output*.

## 2.8 **Matlab**

Matlab (*Matrix Laboratory*) adalah sebuah lingkungan komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer generasi ke-empat. Dikembangkan oleh The MathWorks, Matlab memungkinkan untuk memanipulasi matriks, pembuatan plot fungsi dan data, pengimplementasian algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan pengantarmukaan dengan program dalam bahasa lainnya. Meskipun hanya bernuansa numerik, sebuah kotak kakas (*toolbox*) yang menggunakan mesin simbolik MuPAD, memungkinkan akses terhadap kemampuan

aljabar komputer. Sebuah paket tambahan, Simulink dapat menambahkan simulasi grafis multi ranah dan Desain Berdasar Model untuk sistem terlekat dan dinamik.

## 2.9 Relay

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektromagnetik). Saklar pada relay akan terjadi perubahan posisi *OFF* dan *ON* pada saat diberikan energi elektromagnetik pada armatur relay tersebut. Relay pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). Saklar atau kontraktor relay dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menarik armatur tuas saklar atau kontaktor relay. Relay yang ada di pasaran terdapat berbagai bentuk dan ukuran dengan tegangan kerja dan jumlah saklar yang bervariasi.

## 2.10 MOC 3021

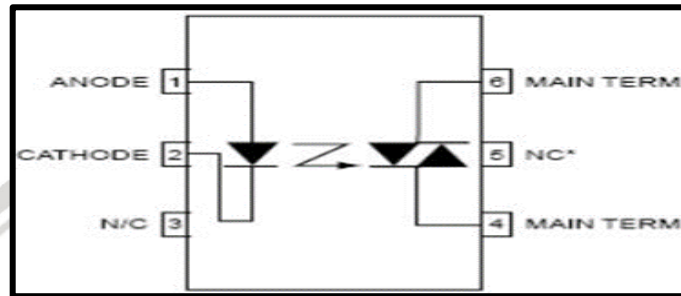
Data yang telah diolah oleh kontroler PID pada mikrokontroler akan dikeluarkan oleh pin I/O mikrokontroler. Keluaran dari mikrokontroler ini akan menjadi masukan rangkaian *driver* elemen pemanas berupa opto triac tipe 3021.

Komponen ini merupakan jenis opto isolator yang digunakan sebagai antarmuka (*interface*) antara peralatan dengan sumber tegangan DC (seperti mikrokontroler, PC), dengan peralatan yang menggunakan sumber tegangan AC (lampu, motor listrik, pemanas). MOC 3021 secara umum berfungsi hampir sama seperti sebuah saklar, dimana sebuah pemacu pada pin masukan dibutuhkan untuk *trigger* triac pada keluaran.

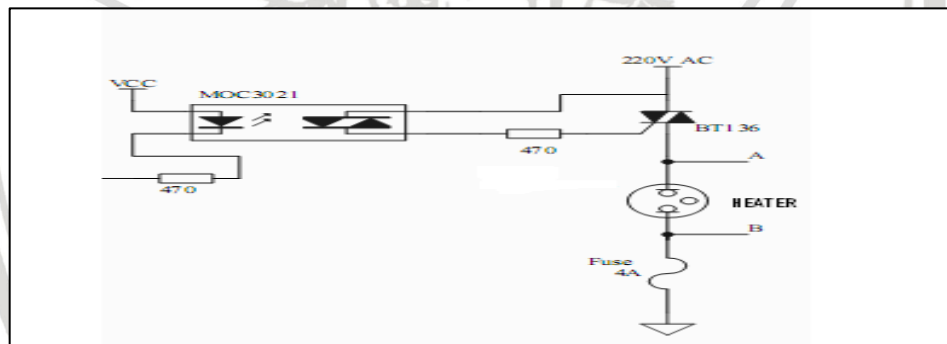
Konfigurasi pin MOC 3021 ditunjukkan pada Gambar 2.6. pin 1 merupakan pin masukan anoda, pin 2 merupakan pin masukan katoda, pin 3 dan 5 tidak digunakan, simbol NC sama dengan *No Connection* dalam artian tidak ada sambungan.



MOC 3021 sendiri tidak dapat berfungsi sama seperti triac pada umumnya, yang langsung dapat menjadi *driver* bagi beban, sehingga pin 6 (*main terminal* triac MOC) harus dihubungkan dengan *main terminal* triac eksternal. Pin 4 harus dihubungkan dengan *gate* triac eksternal. Sumber: MOC 3021 *Datasheet Book*: 1.



Gambar 2.5 Schematic MOC 3021



Gambar 2.6 Rangkaian Driver

## 2.11 Kontroler

Kontroler merupakan suatu subsistem dinamis yang dapat dimasukkan kedalam sistem untuk memanipulasi suatu persamaan matematis dari sebuah *plant*. Umumnya, kontroler juga dikenal dengan istilah kompensator, pengendali, maupun filter. Kegunaan kontroler adalah sebagai berikut (Ogata, 2010):

1. Membandingkan harga *set-pint* dengan respon *plant*.



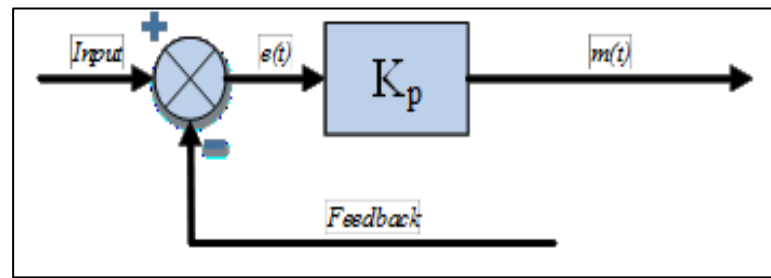
2. Menentukan *error* dari sistem yang merupakan hasil selisih antara *set-point* dengan respon.
3. Menghasilkan sinyal yang berfungsi untuk mengurangi *error*.

Suatu sistem dapat dikatakan stabil jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady state* dimana *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika *output* berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* suatu sistem ketika diberi suatu *input*, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respon transien berupa osilasi teredam sebelum mencapai *steady state*.

#### 2.11.1 Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding atau proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Pada Gambar 2.6 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara *input* (besaran referensi yang diinginkan), besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional, dan besaran kesalahan (*error*). Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran setting dengan besaran aktualnya.



Gambar 2.7 Diagram blok kontroler proposional

Pada pengendali proporsional hubungan antara keluaran kontroler  $m(t)$  dan sinyal kesalahan  $e(t)$  adalah

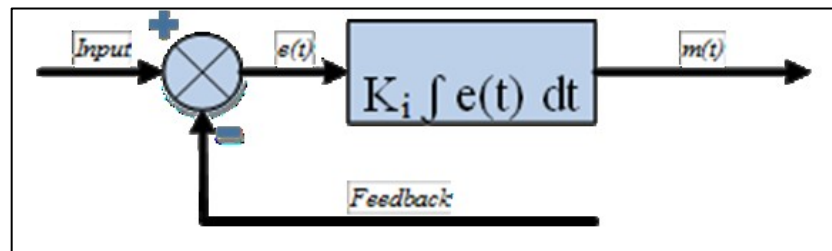
$$m(t) = K_p e(t) \quad (1)$$

dengan  $K_p$  adalah penguatan proporsional. Keluaran  $m(t)$  hanya tergantung pada  $K_p$  dan *error*, semakin besar *error* maka semakin besar koreksi yang dilakukan. Penambahan  $K_p$  akan menaikkan penguatan sistem sehingga dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan respon dan mengurangi kesalahan keadaan mantap.

### 2.11.2 Kontroler Integral

Kontroler integral berfungsi mengurangi kesalahan keadaan mantap yang dihasilkan pada kontroler proporsional sebelumnya. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur integrator ( $1/s$ ), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol.

Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 2.7 menunjukkan blok diagram kontroler integral.



Gambar 2.8 Diagram blok kontroler integral

Nilai keluaran kontroler  $m(t)$  sebanding dengan integral sinyal kesalahan  $e(t)$ ,

Sehingga

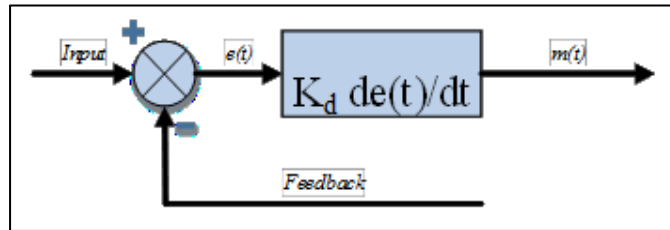
$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i \cdot e(t) \quad (2)$$

$$m(i) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (3)$$

dengan  $K_i$  adalah konstanta integral. Jika sinyal kesalahan  $e(t) = 0$ , maka laju perubahan sinyal kendali integral  $\frac{dm(t)}{dt} = 0$  atau sinyal keluaran kendali akan tetap berada pada nilai yang dicapai sebelumnya. Aksi control integral digunakan untuk menghilangkan kesalahan posisi dalam keadaan mantap (*error steady state*) tanpa memperhitungkan kecepatan respon.

### 2.11.3 Kontroler Diferensial

Kontroler diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.8 berikut menunjukkan blok diagram pada kontroler diferensial.



Gambar 2.9 Diagram blok kontroler diferensial

Nilai keluaran kontroler  $m(t)$  sebanding laju sinyal kesalahan  $\frac{de(t)}{dt}$ .

Hubungan ini dapat ditulis sebagai:

$$m(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

Kontroler diferensial akan memberikan sinyal kendali keluaran  $m(t) = 0$ , untuk sinyal kesalahan  $e(t)$  yang konstan sehingga kontroler diferensial tidak mempengaruhi keadaan mantap. Kontroler diferensial digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respontransien sebuah sistem serta dapat meredam osilasi.

Berdasarkan karakteristik kontroler tersebut, kontroler diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler diferensial hanyalah efek dari lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler diferensial tidak bisa digunakan tanpa ada kontroler lain.

Dari ketiga aksi kontrol dasar di atas dapat dibuat kombinasi dari ketiganya, yaitu:

#### 2.11.4 Kontroler Proposional-Integral (PI)

Aksi kontrolnya dinyatakan dalam persamaan:

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (5)$$

kontroler ini menghasilkan sinyal kesalahan  $\int e(t) dt$  kemudian ditambahkan dengan sinyal kesalahan  $e(t)$ .

### 2.11.5 Kontroler Proporsional-Diferensial (PD)

Aksi kontrolnya dinyatakan dalam persamaan:

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (6)$$

Kontroler PD selalu mengukur kemiringan (*slope*) sinyal kesalahan  $\frac{de(t)}{dt}$  dan memperkirakan akan besar *overshoot* yang akan terjadi serta memberikan koreksi sebelum terjadi lewatan sebenarnya sehingga diperoleh *maximum overshoot* yang kecil.

Jika kesalahan keadaan mantap tidak berubah terhadap waktu maka turunannya terhadap waktu sama dengan nol, sehingga kontroler PD tidak mempunyai pengaruh terhadap kesalahan keadaan mantap, tetapi jika terdapat perubahan kesalahan, kontroler PD akan mengurangi besar kesalahan keadaan mantap. Jadi kontroler PD digunakan untuk memperbaiki suatu sistem pengendalian yang tanggapan peralihannya mempunyai *maximum overshoot* yang berlebihan tanpa memperhitungkan kecepatan responnya.

### 2.11.6 Kontroler Proporsional-Integral-Diferensial (PID)

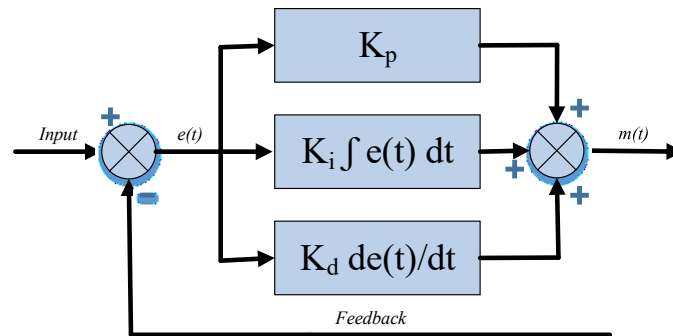
Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proporsional integral differensial (PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar (Gunterus, 1994, 8-10). Kontroler PID memiliki diagram kendali seperti yang ditujukan dalam Gambar 2.8.

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (7)$$

Jenis kontroler ini digunakan untuk memperbaiki kecepatan respon, mencegah terjadinya kesalahan keadaan mantap serta mempertahankan kestabilan.



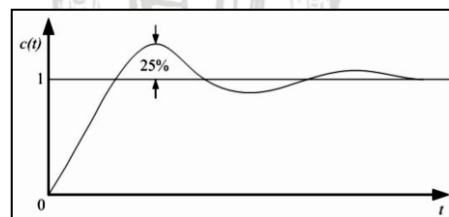


Gambar 2.10 Diagram blok kontroler PID

### 2.12 Metode *Auto-Tuning* PID Ziegler-Nichols

Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari *gain* proporsional  $K_p$ , waktu integral  $T_i$ , dan waktu derivatif  $T_d$  berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan plan. (Ogata, K. 1997)

Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan Ziegler-Nichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon *unit step*.

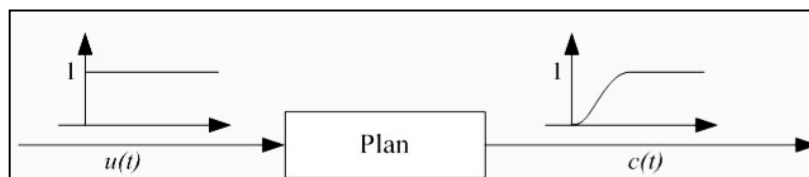
Gambar 2.11 Kurva respon *unit step* yang menunjukkan 25% *maximum overshoot*

Sumber: Ogata, K. 1997

#### a. Metode Pertama

Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari plan dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step.

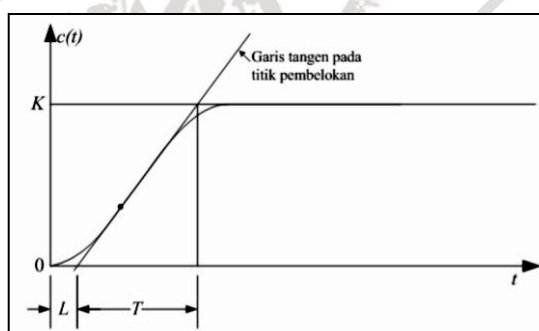




Gambar 2.12 Respon *plant* terhadap masukan *unit step*.

Sumber: Ogata, K. 1997

Jika dalam plan tersebut terdapat integrator atau *dominan complex-conjugate poles*, maka kurva respon *unit step* berbentuk seperti huruf S. Jika respon tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku. (Ogata, K. 1997)



Gambar 2.12 Kurva respon berbentuk S

Sumber: Ogata, K. 1997

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda  $L$  dan konstanta waktu  $T$ . Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu  $t$  dan sumbu  $C(t) = K$ , seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 2.12. Fungsi alih  $C(s)/U(s)$  dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \quad (6)$$

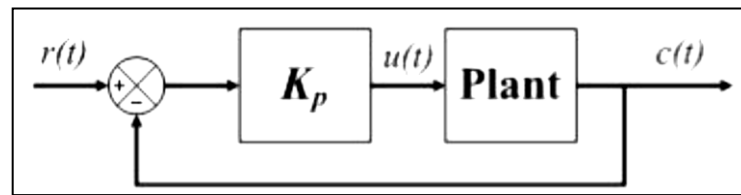
Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 2.3. (Ogata, K. 1997)

Tabel 2.2 Aturan penalaan Ziegler-Nichols berdasarkan respon *unit step* dari *plant*

Tipe Kontroler	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

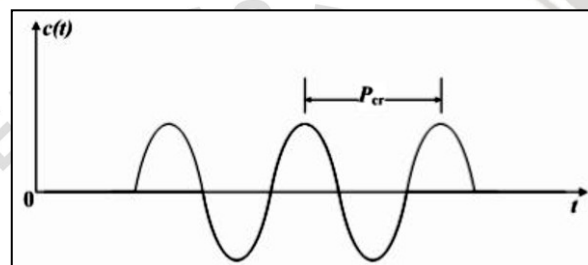
b. Metode Kedua

Dalam metode kedua Ziegler-Nichols, mula-mula yang dilakukan adalah membuat  $T_i = \infty$  dan  $T_d = 0$ . Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis  $K_{cr}$ , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan (jika keluaran tidak memiliki osilasi berkesinambungan untuk nilai  $K_p$  manapun yang telah diambil, maka metode ini tidak berlaku). Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis  $K_{cr}$  dan periode  $P_{cr}$  dapat ditentukan. Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  dan berdasarkan rumus yang diperlihatkan dalam Tabel 2.4. (Ogata, K. 1997).



Gambar 2.13 Sistem *loop* tertutup dengan kontroler proposional

Sumber: Ogata, K. 1997



Gambar 2.14 Osilasi berkesinambungan dengan periode  $P_{cr}$

Sumber: Ogata, K. 1997

Tabel 2.3 Aturan dasar *Ziegler-Nichols* berdasarkan *critical gain*  $K_{cr}$  dan *critical period*  $P_{cr}$

Tipe Kontroler	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5 K_{cr}$	$\infty$	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1,2} P_{cr}$	0
PID	$0.60 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

Sumber: Ogata, K. 1997



### BAB III

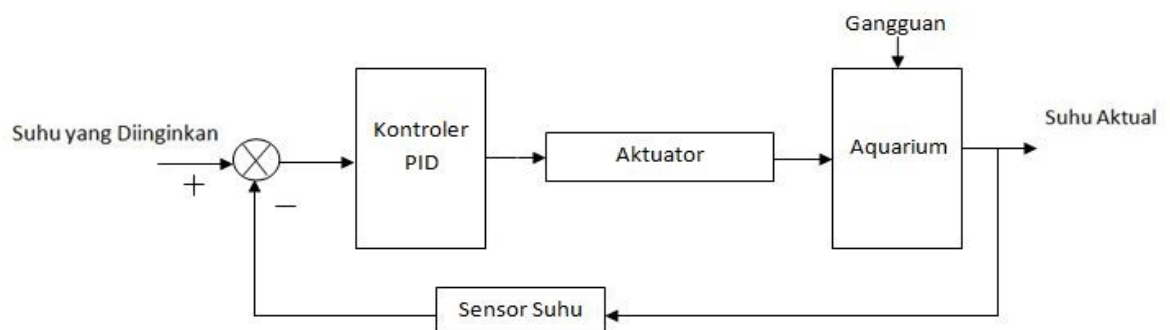
#### METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Perancangan blok diagram sistem
2. Perancangan desain alat
3. Perakitan alat
4. Pembuatan perangkat keras
5. Simulasi kerja alat
6. Perancangan algoritma

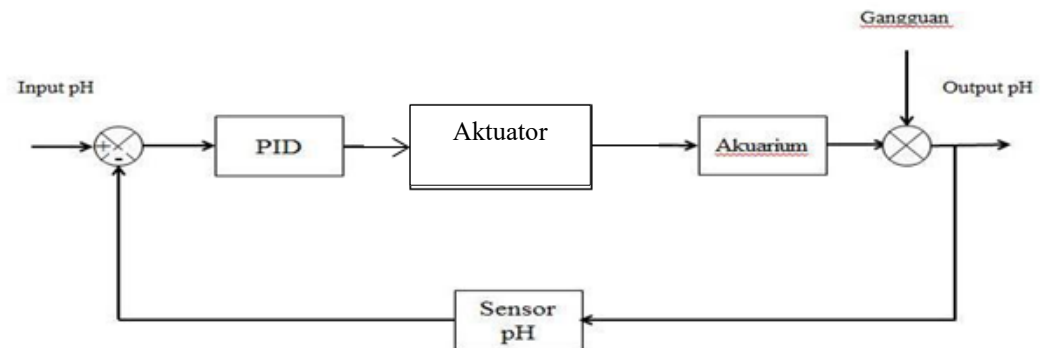
#### 3.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Sistem pengendalian suhu air pada penelitian ini menggunakan sebuah variabel masukan dan keluaran yaitu suhu. Suhu dapat dideteksi oleh sensor suhu DS18B20. Kontroler yang digunakan adalah kontroler PID. Perancangan blok diagram sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram blok sistem suhu

Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram blok sistem pH

Keterangan dari diagram blok sistem dalam Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

- Pusat pengendali sistem adalah papan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang memberikan sinyal PWM untuk rangkaian *dimmer* AC.
- Sensor suhu digunakan sebagai umpan balik sistem (*feedback*).
- Kontroler yang digunakan adalah kontroler PID.

### 3.2 Perancangan Desain

Desain yang diinginkan pada perancangan sistem mempunyai spesifikasi yaitu:

#### 1. *Error Steady State*

*Error Steady State* < 2%, karena sistem yang baik memiliki *output* dengan nilai akhir 2% dari *set-point*.

#### 2. *Overshoot* < 5%

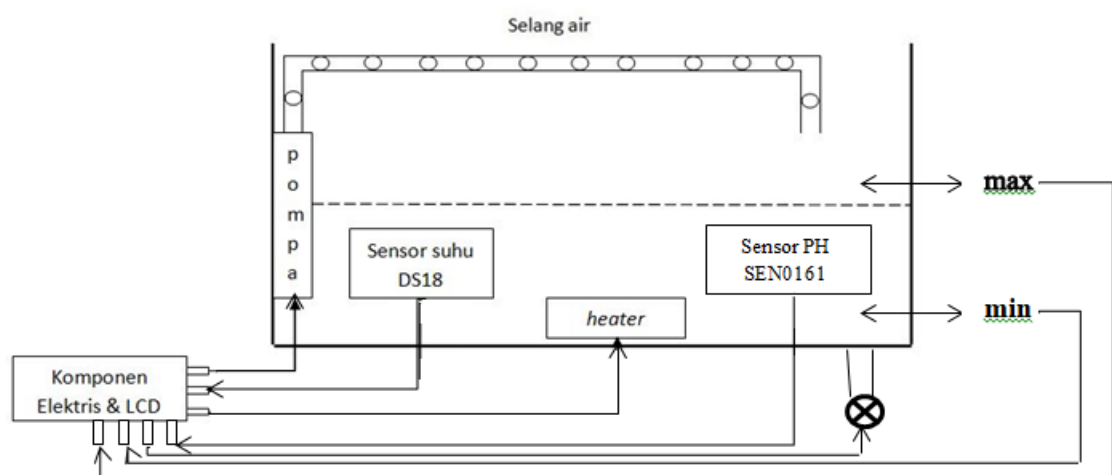
### 3.3 Perakitan Alat

Spesifikasi untuk setiap komponen pada sistem pengendalian suhu menggunakan Arduino UNO adalah sebagai berikut:



1. Menggunakan akuarium dengan ukuran 60cm x 35cm x 30cm sebagai miniatur tambak.
2. Menggunakan Arduino UNO sebagai pengontrol.
3. Sensor suhu yang digunakan adalah DS18B20
4. Sensor pH yang digunakan adalah SKU : SEN0161
5. Aktuator suhu yang digunakan adalah pemanas (*heater*) dan sirkulasi udara pada selang air.
6. Sedangkan untuk pH menggunakan sistem on-off

Skema perancangan sistem pengendalian suhu pada miniatur tambak ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Skema Alat

Perancangan keras yang dilakukan meliputi:

1. Pembuatan *prototype* berupa akuarium sebagai media pengujian.
2. Pembuatan rangkaian pengkondisi sinyal (RPS).
3. Perangkat kontrol menggunakan PID.
4. Dioperasikan dengan Arduino UNO.
5. Untuk memonitor suhu menggunakan PC.

### 3.4 Karakterisasi Setiap Blok

#### 3.4.1 Karakterisasi Setiap Aktuator

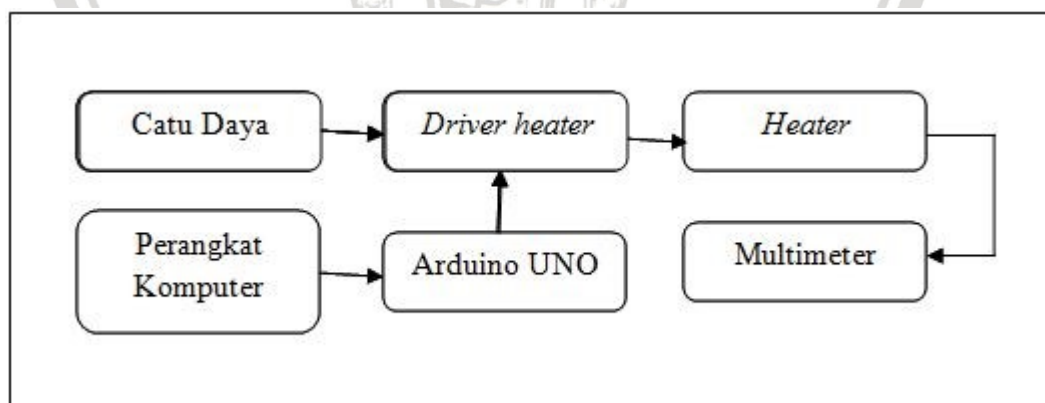
Karakterisasi aktuator berupa pemanas (*heater*) dilakukan agar mengetahui kinerja dari *heater* pada saat dikontrol oleh PWM. Hal ini dilakukan dengan menganalisis tegangan pada lampu saat PWM diberi keluaran tertentu.

Peralatan yang digunakan saat melakukan karakterisasi *heater* adalah sebagai berikut:

1. *Heater*
2. *Driver heater*
3. Arduino UNO
4. Multimeter
5. Perangkat Komputer
6. Kabel Penghubung

Langkah-langkah saat melakukan karakterisasi *heater* adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Rangkaian pengujian karakterisasi *heater*

2. Menghubungkan *driver heater* dengan sumber AC.

3. Membuat program pengontrolan driver pada software Arduino UNO.
4. Percobaan dilakukan dengan menganalisis *heater* pada saat PWM 0 hingga 255 dengan beda 17 satuan setiap percobaan.
5. Mengamati dan mencatat tegangan pada tampilan multimeter.

Hasil karakterisasi *heater* dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai tegangan keluaran *driver heater* terhadap masukan sinyal PWM

Nilai PWM	Tegangan keluaran <i>heater</i> dengan multimeter (Volt)
0	0
15	182
30	183
45	184
60	184
75	185
90	185
105	186
120	186
135	186
150	187
165	187
180	188
195	188
210	188
225	189
240	189
255	189

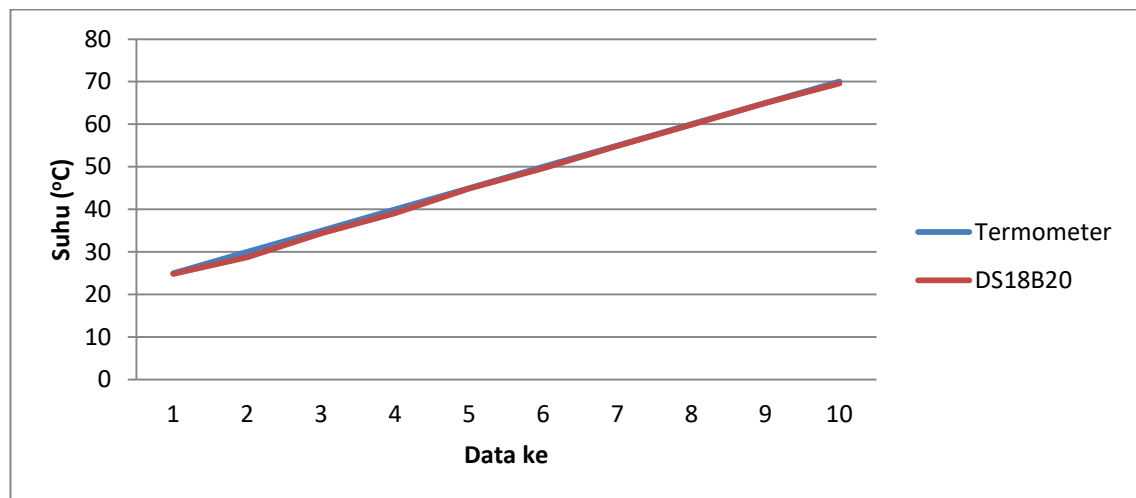
### 3.4.2 Karakteristik Sensor Suhu DS18B20

Hasil pengujian sensor DS18B20 ditunjukkan dalam Tabel 3.2. Didapatkan grafik linear antara suhu dengan termometer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.

Tabel 3.2 Perbandingan pembacaan sensor suhu dengan termometer

Suhu Termometer ( $^{\circ}\text{C}$ )	Suhu Pembacaan Sensor DS18B20 ( $^{\circ}\text{C}$ )	<i>Error</i>
25	24,8	0,2
30	28,75	1,25
35	34,38	0,62
40	39,13	0,87
45	44,94	0,06
50	49,69	0,31
55	54,89	0,11
60	59,88	0,12
65	64,97	0,03
70	69,56	0,44
Nilai rata-rata dari <i>error</i>		0,401

Berdasarkan hasil pengujian dalam Tabel 3.2, nilai rata-rata *error* antara suhu pembacaan termometer dengan suhu pembacaan *serial monitor* adalah  $0,401^{\circ}\text{C}$ . Grafik perbandingan suhu hasil pembacaan termometer acuan dengan *serial monitor* dapat dilihat dalam Gambar 3.4. Pada grafik tersebut terlihat bahwa selisih yang timbul antara kedua pembacaan suhu cenderung membentuk linear.



Gambar 3.5 Grafik Hubungan Termometer dengan Sensor DS18B20

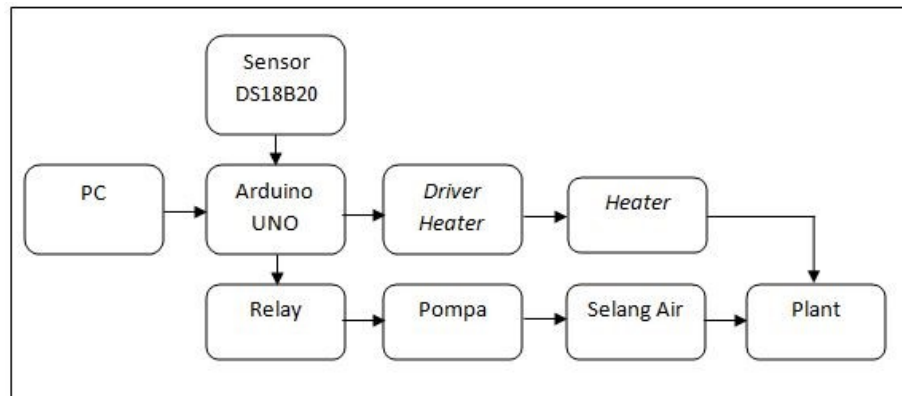
### 3.4.3 Karakterisasi Plant

Karakterisasi plant yang berupa kura-kura res di dalam air dilakukan untuk mengetahui *gain steady state* dari plant. Hal ini diperoleh dengan membandingkan antara suhu keluaran plant dengan tegangan masukan pada aktuator. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Driver heater*
2. *Heater*
3. Selang air
4. Pompa
5. Plant
6. Relay
7. Arduino UNO
8. Sensor DS18B20
9. Perangkat komputer.

Langkah-langkah saat melakukan karakterisasi plant adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian pengujian seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3.6.



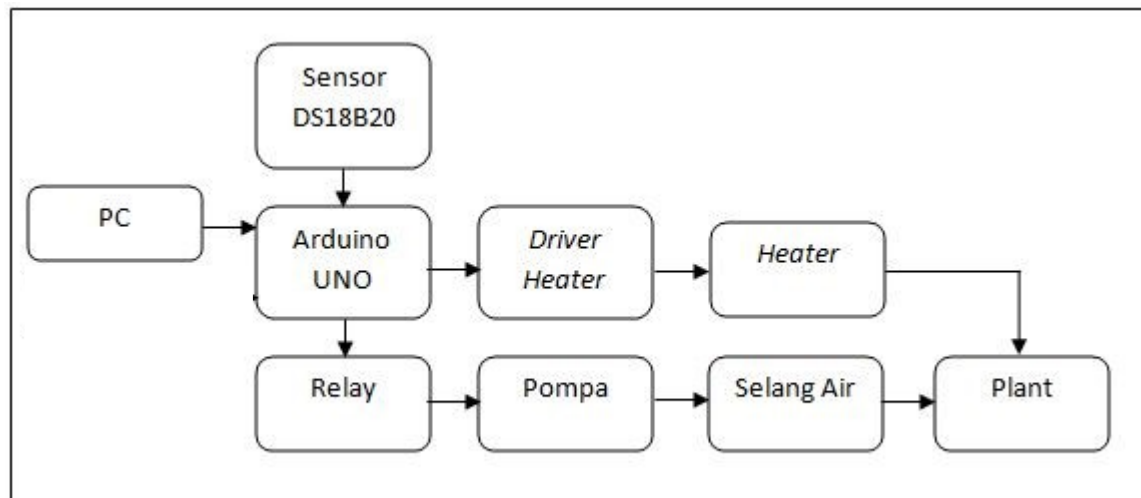
Gambar 3.6 Rangkaian pengujian karakterisasi aktuator.

2. Menghubungkan rangkaian pengujian dengan sumber AC.
3. Respon plant ditampilkan pada *serial monitor* dan plot ke dalam grafik dengan Matlab.

### 3.5 Perancangan Pembuatan Perangkat Keras

Pembuatan perangkat keras dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta pemrogramannya. Hal ini agar pemodelan pada sistem pengendalian suhu air pada miniatur tambak kurau yang menggunakan kontrol PID dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Skema perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.7.





Gambar 3.7 Skema Perangkat Keras

Penentuan modul elektronik yang digunakan meliputi:

1. Mikrokontroler Arduino UNO sebagai perangkat komputer.
2. Sensor DS18B20 sebagai *feedback* suhu.
3. Sensor SEN0161 sebagai *feedback* pH.
4. Relay sebagai penggerak pompa untuk sirkulasi air.
5. *Heater* sebagai aktuator pemanas.

### 3.6 Perancangan Algoritma

Dalam perancangan perangkat lunak, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui karakteristik sistem dari miniatur tambak kura-kura. Setelah itu dilakukan perhitungan dan percobaan untuk menentukan algoritma kontrol PID. Setelah didapatkan algoritma, kemudian dibuat program untuk mikrokontroler menggunakan *software* Arduino. Perancangan algoritma melalui beberapa tahap berikut

#### 1. Perancangan Kontrol PID

Untuk mengetahui parameter kontroler yang tepat pada sistem pengendalian suhu air pada miniatur tambak kura-kura res diperlukan suatu perancangan kontroler. Perancangan kontroler menggunakan metode

Zieger-Nichols 1. Langkah awal *tuning* parameter dengan metode Zieger-Nichols 1 adalah menarik garis tangen pada titik infleksi grafik karakteristik plant. Kemudian mencari perpotongan garis tangen dengan garis nilai akhir, sehingga diperoleh nilai  $T$  dan  $L$ . Nilai  $T$  dan  $L$  tersebut digunakan untuk menentukan besarnya  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang tepat sesuai dengan Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Aturan *Tuning* Metode Zieger Nichols 1

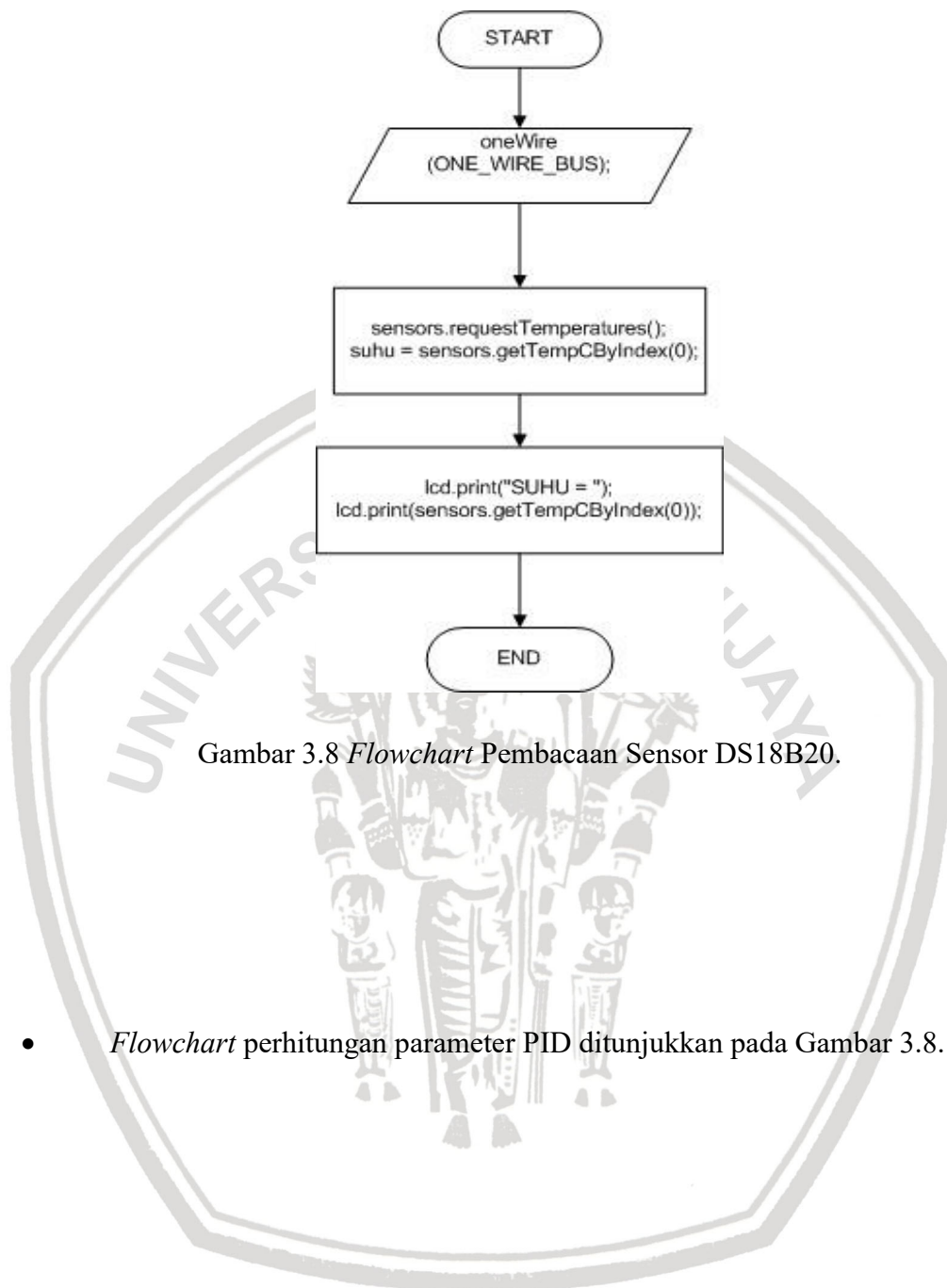
Tipe Kontroler	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

Sumber: Ogata, K. 1997

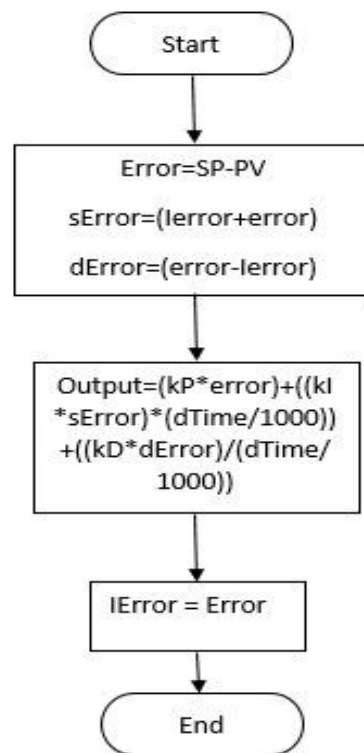
## 2. Pembuatan *Flowchart*

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang dirancang sesuai pada Gambar 3.1, perangkat lunak meliputi penulisan program pada Arduino dengan diagram alir sebagai berikut:

- *Flowchart* pembacaan sensor DS18B20 ditunjukkan pada Gambar 3.7.



- *Flowchart* perhitungan parameter PID ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.9 *Flowchart* Perhitungan Parameter PID.

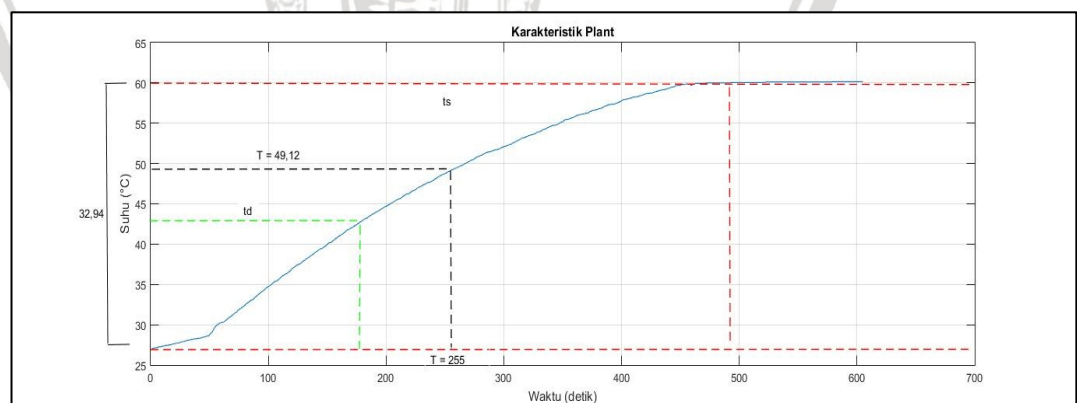
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan diperoleh melalui pengujian sistem. Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan skema pembuatan. Pengujian pada sistem meliputi pengujian plant, pengujian sistem secara menyeluruh yang dilakukan sebanyak 3 kali pada saat pagi hari dan malam hari serta pengujian sistem dengan diberikan gangguan dan perbandingan hasil perlakuan kura-kura res. Pengujian dilakukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang telah di tentukan.

#### 4.1 Pengujian Plant

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dilakukan dengan cara mengubah sistem menjadi *open loop*. Tegangan diberikan sebesar 189 volt pada saat PWM 255 dan menghasilkan respon seperti dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Karakteristik Respon Suhu pada Plant

Berdasarkan Gambar 4.1 didapatkan nilai parameter:

$$t_d = 0,5 \times (\text{suhu tertinggi} - \text{suhu awal}) + \text{suhu awal}$$

$$t_d = 0,5 \times (60 - 27,06) + 27,06$$

$$t_d = 43,53 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_d = 186 \text{ detik}$$

Dan

$$T = \frac{2}{3} \times (\text{suhu tertinggi} - \text{suhu awal}) + \text{suhu awal}$$

$$T = \frac{2}{3} \times (60 - 27,06) + 27,06$$

$$T = 49,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 247 \text{ detik}$$

Sehingga didapatkan fungsi alih sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{Ts + 1} = \frac{K}{247s + 1} = \frac{1}{247s + 1}$$

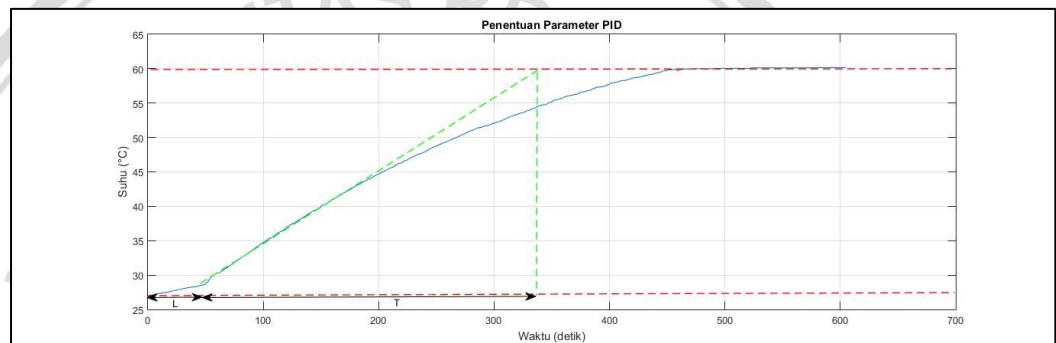
Diperlukan suatu perancangan kontroler untuk mengetahui parameter kontroler yang tepat untuk sistem pengendalian suhu air pada miniatur tambak udang. Perancangan kontroler menggunakan metode Ziegler-Nichols1 karena grafik respon suhu yang diperoleh pada karakteristik plant adalah berbentuk kurva s. Langkah awal *tuning* parameter dengan metode Ziegler-Nichols 1 adalah menarik garis tangent pada titik infleksi grafik karakteristik plant. Kemudian mencari perpotongan garis tangent dengan garis nilai akhir, sehingga diperoleh nilai T dan L. Nilai T dan L tersebut digunakan untuk menentukan besarnya  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  yang tepat, sesuai dengan Tabel 4.1 aturan tuning metode Ziegler-Nichols 1.

Tabel 4.1 Aturan Tuning Metode Ziegler-Nichols 1 (Ogata, K.1997).



Tabel 4.1 Aturan *Tuning* Metode Zieger-Nichols.

Type of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$



Gambar 4.2 Grafik Penentuan Parameter PID

Berdasarkan pada Gambar 4.2 didapatkan nilai T dan L sebagai berikut:

$T = 320$  detik

$L = 40$  detik

Diperoleh nilai  $K_p, K_i, K_d$  sebagai berikut:

$$K_p = 1,2 \times \frac{T}{L} = 1,2 \times \frac{320}{45} = 8,53$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{K_p}{2 \times L} = \frac{8,53}{2 \times 45} = 0,0947$$

$$K_d = K_p \times T_d = 8.53 \times (0,5 \times 22,5) = 5,87 \times 28,5 = 95,9625$$

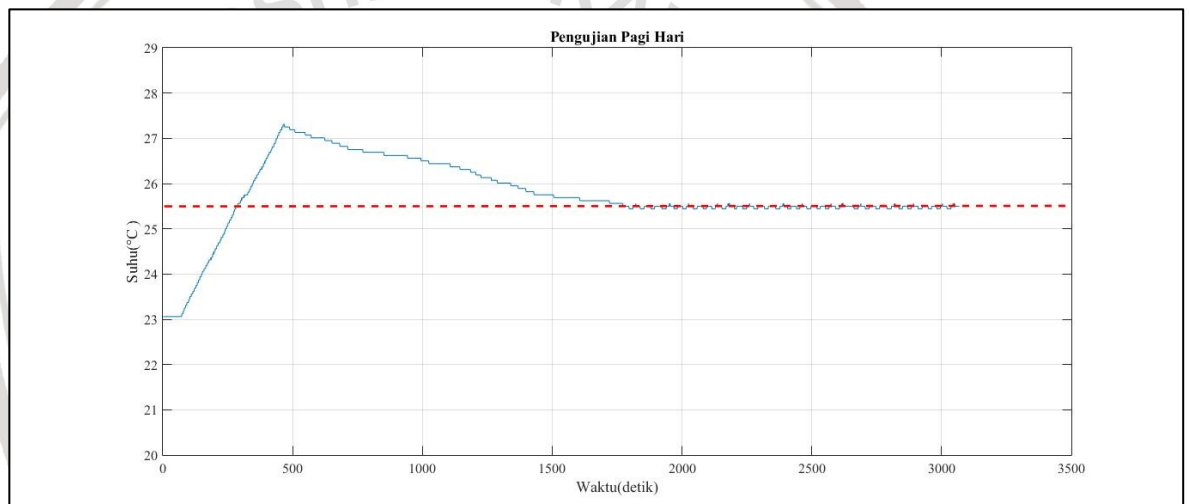


Berdasarkan Gambar 4.2 maka diperoleh nilai  $L = 45$  detik dan  $T = 320$  detik. Mengacu pada tabel Ziegler-Nichols 1, didapatkan nilai  $K_p = 8,53$ ;  $K_i = 0,0947$ ; dan  $K_d = 95,9625$ .

#### 4.2 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respon suhu pada sistem dengan penambahan kontroler pada saat pagi hari dan siang hari.

##### 1. Hasil pengujian pagi hari pukul 05.45.



Gambar 4.3 Respon Suhu Sistem pada Pagi Hari Tanpa Gangguan

Berdasarkan hasil pengujian dalam Gambar 4.3 respon sistem keseluruhan pada saat Pagi hari, diperoleh kinerja sistem antara lain:

- $t_d$  (waktu tunda) yaitu waktu ketika suhu belum naik karena pemanas masih dalam proses pemanasan. Berdasarkan pengujian  $t_d$  adalah 29,5 detik.
- Dengan hasil pengujian tersebut di dapatkan overshoot 18,22%
- $t_s$  (*settling time*) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady*. Berdasarkan pengujian  $t_s$  adalah 1833 detik. *Settling time* didapat ketika suhu telah mencapai 25,5°C.

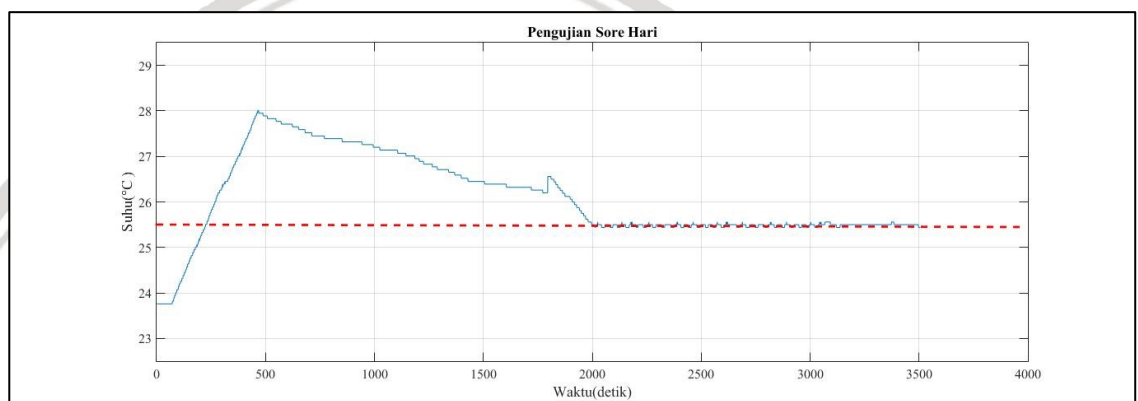
- *Error Steady State*

$$\%E = \left| \frac{\text{Setpoint} - \text{presentvalue}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\%$$

$$\%E = \left| \frac{25,5 - 25,88}{25,5} \right| \times 100\%$$

$$\%E = 1,49 \%$$

2. Hasil pengujian saat malam hari pukul 21.00.



Gambar 4.4 Respon Suhu Sistem pada Sore Hari Tanpa Gangguan

Berdasarkan hasil pengujian dalam Gambar 4.4 respon sistem keseluruhan pada saat Siang hari, diperoleh kinerja sistem antara lain:

- $t_d$  (waktu tunda) yaitu waktu ketika suhu belum naik karena pemanas masih dalam proses pemanasan. Berdasarkan pengujian  $t_d$  adalah 29,5 detik.
- Dengan hasil pengujian tersebut di dapatkan overshoot 17,20%
- $t_s$  (*settling time*) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady*. Berdasarkan pengujian  $t_s$  adalah 2139 detik. *Settling time* didapat ketika suhu telah mencapai 25,5°C.

- *Error Steady State*

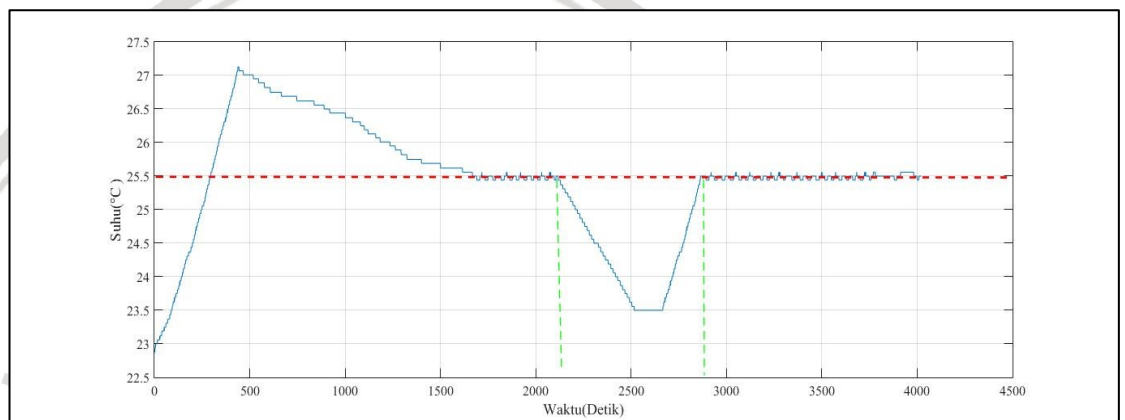
$$\%E = \left| \frac{\text{Setpoint} - \text{presentvalue}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\%$$

$$\%E = \left| \frac{25,5 - 25,95}{25,5} \right| \times 100\%$$

$$\%E = 1,76\%$$

### 4.3 Pengujian Sistem dengan Gangguan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respon kontroler terhadap *set-point* ketika mendapatkan gangguan berupa perubahan suhu yang turun. Setelah melakukan pengujian pada saat Pagi hari dengan gangguan didapatkan hasil respon yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Respon Suhu Sistem pada sore hari dengan diberi gangguan

Dari Gambar 4.5, dapat dilihat respon sistem terhadap gangguan berupa perubahan suhu yang dingin. Sistem dapat kembali pada keadaan *steady state* setelah terjadinya gangguan dan mengalami proses *recovery time* sebesar 640 detik.





#### 4.4 Perbandingan Perlakuan Kura-Kura Res

Tabel 4.2 Perbandingan Perlakuan Kura-Kura Res

Minggu ke	Perlakuan Kura-Kura Res			
	Menggunakan Kontroler		Tanpa menggunakan kontroler	
	Jumlah Kura-Kura	Jumlah Kura-kura Mati	Jumlah Kura-Kura	Jumlah Kura-Kura Mati
1	4	-	4	-
2	4	-	4	-
3	4	-	4	-
4	4	-	3	1
5	4	-	3	-
6	4	-	3	-
7	4	-	3	-
8	4	-	3	-
9	4	-	2	1
10	4	-	2	-
11	4	-	2	-
12	4	-	2	-
13	4	-	2	-
14	4	-	2	-

15	4	-	2	-
----	---	---	---	---

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa kura-kura res yang suhu dan pH dikontrol memiliki tingkat hidup yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak dikontrol. Dari pengujian tersebut dapat dilihat bahwa pada minggu 4 dan 9 kura-kura res yang tidak dikontrol mati sedangkan kura-kura res yang dikontrol dapat bertahan hidup selama waktu 15 minggu .



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pengujian, dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem pengendalian suhu dan ph maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data respon sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan metode Zieger-Nichols 1, maka parameter kontroler PID dapat ditentukan pada *plant* yang mempunyai nilai  $K_p = 8,83$ ;  $K_i = 0,0947$ ;  $K_d = 95,9625$ .
2. Hasil pengujian tanpa gangguan terhadap kontroler PID berbasis Arduino UNO menunjukkan bahwa sistem dapat mencapai *set-point*  $25,5^{\circ}\text{C}$  dengan *setling time* ( $t_s$ ) = 542 detik, waktu tunda ( $t_d$ ) = 29,5 detik, dan toleransi *error steady state* tidak lebih dari 2%.
3. Hasil pengujian dengan menggunakan gangguan terhadap kontroler PID berbasis Arduino UNO menunjukkan bahwa respon sistem dapat kembali pada keadaan *steady state* dan mengalami proses *recovery time* selama 640 detik.

#### 5.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan dan kekurangan. Oleh karena itu, terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk meningkatkan kesempurnaan alat lebih lanjut sebagai berikut:

1. Diperlukan pemikiran lebih lanjut untuk menentukan parameter PID yang sesuai, mengingat keterbatasan fisik yang ada pada sistem untuk memperbaiki kinerja alat.
2. Penggunaan sensor suhu yang lebih baik dapat meningkatkan tingkat keakuratan sensor dalam pembacaan suhu.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetya, Andi. 2013. Kura-Kura bazil atau RES (Red Ear Slider) <http://andiprazt.blogspot.co.id/2012/12/kura-kura-bazil-atau-res-red-ear-slider.html>
- [2] HENDRI. 2013. Pengenalan Arduino UNO <http://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.co.id/2013/03/arduino-uno.html>
- [3] Novy, D. dan Winardi Slamet. 2015. Pendeteksi Susu Basi Dengan Sensor pH dan Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler. E-jurnal Spirit Pro Patria. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Narotama, Indonesia.
- [4] Gunterus, Frans. 1994. Falsafah Dasar: Pengendalian Proses. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- [5] Ogata, K. 1997. Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan). Terjemahan Edi Leksono, Jakarta: Erlangga.

